

日本国特許庁 23.07.2004
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年 7月 1日

REC'D 16 SEP 2004
WIPO PCT

出願番号
Application Number: 特願 2003-189724

[ST. 10/C]: [JP 2003-189724]

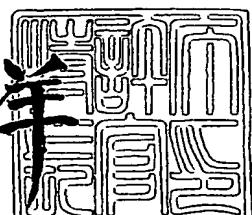
出願人
Applicant(s): 日立電線株式会社
日本電信電話株式会社

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 9月 2日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川洋



BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願

【整理番号】 HD150013

【提出日】 平成15年 7月 1日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 6/00
G02B 6/36

【請求項の数】 6

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町一丁目 6番 1号 日立電線株式会社内

【氏名】 黒沢 芳宣

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町一丁目 6番 1号 日立電線株式会社内

【氏名】 姚 兵

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町一丁目 6番 1号 日立電線株式会社内

【氏名】 大藪 和正

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町一丁目 6番 1号 日立電線株式会社内

【氏名】 立藏 正男

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町一丁目 6番 1号 日立電線株式会社内

【氏名】 中居 久典

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 倉嶋 利雄

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 荒木 栄次

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 平松 克美

【特許出願人】

【識別番号】 000005120

【氏名又は名称】 日立電線株式会社

【特許出願人】

【識別番号】 000004226

【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社

【代理人】

【識別番号】 100068021

【弁理士】

【氏名又は名称】 絹谷 信雄

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014269

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光ファイバ、光ファイバの接続方法及び光コネクタ

【特許請求の範囲】

【請求項1】 コアの周囲に複数の空孔を有する光ファイバの接続端部において、接続端部近傍の空孔に石英系材料より屈折率が低い樹脂またはガラス等の光透過性物質が充填されていることを特徴とする光ファイバ。

【請求項2】 前記空孔が中央から周期的に六方格子状に配列され、中央に結晶欠陥のあるフォトニック結晶光ファイバである請求項1記載の光ファイバ。

【請求項3】 コアまたはクラッドに、ファイバの軸心方向に延びる空孔を複数有するホーリー光ファイバである請求項1記載の光ファイバ。

【請求項4】 空孔充填用樹脂がUV硬化型樹脂である請求項1記載の光ファイバ。

【請求項5】 請求項1記載の光ファイバを、V溝接続器等を用いて、そのV溝上で前記光ファイバよりもモードフィールド径が大きい光ファイバと突き合わせ、接続することを特徴とする前記光ファイバの接続方法。

【請求項6】 請求項1記載の光ファイバをフェルールに装着し、端面を研磨処理したことを特徴とする光ファイバコネクタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、コアの周囲に複数の空孔を有する光ファイバに係り、特に、フォトニック結晶ファイバと、それよりもモードフィールド径が大きいシングルモードファイバとの接続方法及び光コネクタに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、一般的に使用されている光ファイバは光を閉じ込めるコアと、そのコアより屈折率が僅かに低いクラッドがコアの円周方向に覆設された2層構造により構成され、コア、クラッド共に石英系材料で形成される。その2層構造ファイバはコアの屈折率がクラッドの屈折率より高いため、その屈折率差によって光がコ

アの閉じ込められ、光ファイバ内を伝搬する。

【0003】

シングルモードファイバ同士の接続方法については、コネクタやメカニカルスプライスによる接続方法がある。コネクタ接続はそれぞれの光ファイバが各々の光コネクタに接着され、容易に着脱できる方法であり、メカニカルスプライスは、それに設けられたV字溝等において光ファイバの端面を突き合わせ、接続された両光ファイバを強固に保持するのが特徴である。通常のシングルモードファイバの接続技術は十分開発されている。

【0004】

最近ではフォトニック結晶光ファイバ（P C F : Photonic Crystal Fiber）が注目されつつある。

【0005】

P C F はクラッドにフォトニック結晶構造、即ち、屈折率の周期構造を有する光ファイバである。その周期構造を光の波長ないしはその数倍程度まで小さくし、結晶中に欠陥や局所的不均一性を導入することで、光を局在させることができる。

【0006】

このP C F の断面構造を図5によって説明する。

【0007】

P C F 4 1 はファイバ内の屈折率がすべて同じクラッド4 2 のみ形成され、その中心から多数の円柱空孔4 3 を六方格子状に配列し、その円柱空孔4 3 の長さはファイバ4 1 全長によよぶ。従来のコアに相当する光の閉じ込め機能を有する部材はファイバ4 1 中心部である結晶欠陥部4 4 に対応する。

【0008】

具体的には、クラッド径 $\phi 125 \mu m$ の純粋石英ファイバで、クラッド4 2 に径 $\phi 3 \mu m$ の円柱空孔4 3 が中央から周期的に六方格子状（4周期構造）に配置され、その中心は空孔が形成されておらず（結晶欠陥）、その部分が光を閉じ込めるコア4 4 になる。

【0009】

光閉じ込め効果の大きいP C F 4 1と現在長距離大容量通信に用いられるシングルモードファイバ（S M F : Single Mode Fiber）との接続技術は必要不可欠である。

【0010】

従来のP C F 4 1とS M Fの接続方法は、P C F 4 1の接続端部を加熱して円柱空孔4 3を封止し、フェルールに装着する接続方法がある（例えば、特許文献1参照）。

【0011】

【特許文献1】

特開2002-243972号公報

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来のP C F 4 1の接続方法では、ファイバのコア4 4がクラッド4 2よりも屈折率が高い媒質で形成されたP C F 4 1にしか適用できない。コア4 4とクラッド4 2の屈折率が等しくフォトニック結晶構造によって等価的にコアとクラッドに屈折率差を設けてコアに光を閉じ込める構造のファイバにおいては、ファイバの接続端部の円柱空孔4 3を融着によって封止してしまうためコア4 4が存在しなくなる。よって、円柱空孔4 3を封止した接続端部によって、P C F 4 1とそれと接続するファイバのコア同士が距離を隔てて接続していることになり、接続損失が増大する問題がある。

【0013】

そこで、本発明の目的は、上記課題を解決し、コアとクラッドの屈折率が同じフォトニック結晶光ファイバと通常のシングルモード光ファイバの接続方法及び光コネクタを提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、請求項1の発明は、コアの周囲に複数の空孔を有する光ファイバの接続端部において、接続端部近傍の空孔に石英系材料より屈折率が低い樹脂またはガラス等の光透過性物質が充填されている光ファイバである

【0015】

請求項2の発明は、前記空孔が中央から周期的に六方格子状に配列され、中央に結晶欠陥のあるフォトニック結晶光ファイバである請求項1記載の光ファイバである。

【0016】

請求項3の発明は、コアまたはクラッドに、ファイバの軸心方向に延びる空孔を複数有するホーリー光ファイバである請求項1記載の光ファイバである。

【0017】

請求項4の発明は、空孔充填用樹脂がUV硬化型樹脂である請求項1記載の光ファイバである。

【0018】

請求項5の発明は、上記記載の光ファイバを、V溝等の接続器を用いて、そのV溝上で前記光ファイバよりもモードフィールド径が大きい光ファイバと突き合わせ、接続する前記光ファイバの接続方法である。

【0019】

請求項6の発明は、上記記載の光ファイバをフェルールに装着し、端面を研磨処理した光ファイバコネクタである。

【0020】**【発明の実施の形態】**

以下、本発明の好適な一実施形態を添付図面に基づいて詳述する。

【0021】

本発明に係るPCFの構造図を図1に示す。

【0022】

まず、本発明に係るPCF11は図5で説明したPCF41と同じであり、その詳細は省略するが、光ファイバはクラッドの周囲がUV樹脂からなる被覆層により被覆されているファイバ心線の状態で用いられ、フェルールやその他接続器との接続部分はその被覆層を剥がして使用する。

【0023】

図1に示すように、P C F 1 1の接続端近傍1 2の空孔1 3には、屈折率が石英より低いUV硬化型樹脂1 4が、充填材として充填されている。UV硬化型樹脂1 4は使用前は常温液体であり、紫外線を照射させることで硬化する。本実施の形態で使用するUV硬化型樹脂は、硬化後の屈折率が1. 4 2に調整されたエポキシ系の含フッ素UV硬化型樹脂1 4である。

【0024】

本実施形態のP C F 1 1に充填するUV硬化型接着剤1 4の屈折率は1. 4 2であり、P C F 1 1を形成する石英ガラスの屈折率は1. 4 5 8である。空孔1 3へ充填する材料の最適屈折率は、屈折率1. 4 5 8より小さい事は必須であるが、P C F 1 1の空孔径、空孔数、空孔間隔（密度）により異なるので条件が変わる毎に、選定が必要である。充填材料の屈折率が石英ガラスの屈折率より低くても最適屈折率に比べて大きい場合、小さい場合それぞれ次のような原因によって接続損失が大きくなる。

【0025】

充填材の屈折率が最適値より大きい場合、充填された空孔1 3とコア（石英）の比屈折率差が小さくなるので、中心コアへの光の閉じ込め効果が弱くなり、接続端近傍1 2でのモードフィールド径（M F D：Mode Field Diameter）が大きくなる。よって、P C F 1 1とSMFにM F Dの不具合が生じ、接続損失が大きくなってしまう。

【0026】

一方、充填材の屈折率が最適値より小さい場合、充填された空孔1 3とコアの比屈折率差は比較的大きくなるので、中心コアへの光の閉じ込め効果が強くなり、接続端近傍1 2でのM F Dが小さくなる。よって接続先のSMFのM F DよりもP C F 1 1のM F Dが小さくなり、同様に、M F Dの不具合による接続損失が大きくなる。

【0027】

したがって、円柱空孔1 3にUV硬化型樹脂1 4を充填した後、P C F 1 1とSMFの各モードフィールド径が等しくなるように充填材の屈折率を選定する必要がある。

【0028】

次に、PCF11の作製手順を説明する。

【0029】

まずPCF11の被覆部15を数mm剥がし、端末部16をファイバカッターで切断面が垂直になるよう切断し、UV硬化型接着剤14を端面16に塗布する。端面16に塗布されたUV硬化型接着剤14は数秒ないし数分程度で毛細管現象により、円柱空孔13に浸透する。浸透している間、そのPCF11を保持する時間は接着剤14の粘度、表面張力と空孔径に大きく依存する。端面16を研磨等で削り込む場合は、その分を考慮して接着剤14の浸透長を確保する必要があり、PCF11の切断面をそのまま接続端面16とする場合で100μm以上あれば十分である。

【0030】

次に、端面16に付着している余剰接着剤14をガーゼ等で払拭して、PCF11側面から紫外線照射装置等でUV光を照射し、空孔13内に浸透したUV型硬化接着剤14を硬化させ、完成となる。

【0031】

次に、V溝接続器を用いてPCF11とシングルモードファイバ(SMF:Single Mode Fiber)21を接続する方法について説明する。

【0032】

図2(a)に示すように、V溝接続器20は両ファイバ11, 21の端面を突き合わせる突き合わせV溝22と、その両端に各々のファイバ11, 21を保持する被覆保持部23と、端面を突き合わせた両ファイバを上から押さえるための押さえ蓋24から構成される光ファイバ接続器である。

【0033】

まず、図2(b)に示すように、石英系SMF21の被覆部25を剥がし、端面26をファイバカッターで切断する。そのSMF21の端面26とPCF11の端面16をV字型溝22において突き合わせる。このとき、PCF11とSMF21は各々被覆保持部23で固定される。

【0034】

最後に、図2 (c) に示すように、押さえ蓋24を突き合わせV字型溝22の上から押さえ、それにより、両ファイバ11, 21が固定され、接続完了となる。

【0035】

本実施形態の作用について述べる。

【0036】

PCF11は、PCF11の接続端近傍12において、複数の微小な空孔13にクラッドより屈折率の低いUV硬化型接着剤14を充填させ、それを紫外線照射により硬化させることで空孔13を封止しているので、コアとクラッドが同じ屈折率で形成されたPCF11の接続端近傍12においてもフォトニック結晶構造が形成され、光をPCF11の中心に閉じ込めることが可能になる。

【0037】

よって、PCF11よりMFDの大きい光ファイバとの突き合わせ接続が可能になる。上記で説明したV溝接続器20でPCF11とSMF21を接続したときの接続損失は、0.55dBと低損失であった。

【0038】

また、PCF11の接続端近傍12の空孔13を封止した構造は、PCF端面16を研磨する際の研磨粉や水分、その他異物の侵入を防ぐことができる。

【0039】

他の実施形態として、本発明に係るのPCF11をFCコネクタ用フェルールに接続した場合について説明する。

【0040】

図3は、PCF11を接続したときのFCコネクタ用フェルール30の断面図である。

【0041】

図3に示すように、フェルール30は光コネクタを構成する要素部品であり、被覆部15を剥がしたPCF11を固定する固定部31と、PCF11の被覆部15を装着するファイバ保持部32からなる。単心光コネクタで利用する場合、FCコネクタ用フェルール30は円筒型をしている。PCF11は、フェルール

30と接着剤で保持部31に固定され、さらにPCF11を装着したフェルール30は、光コネクタに接続され、FCコネクタの場合、ねじや押圧ばね等の締結部33により光コネクタに固定される。

【0042】

UV硬化型樹脂14が充填されたPCF11は、その接続端近傍12がフェルール30の固定部31に固定され、ファイバ心線15が保持部32で接着され、その後、接続部の端面16が研磨される。光コネクタに接続するフェルール30では、PCF11の接続端近傍12の空孔13が、UV硬化型樹脂14で充填されているため、研磨時にできる研磨粉や水分、その他異物の侵入がなく、それに伴う伝送損失の増加が抑えられ、また、ファイバ強度の疲労劣化が通常より速く進行するのを抑えられる。

【0043】

本発明に係るPCF11の接続端近傍12の空孔13に充填する充填材は、UV硬化型樹脂14に限定されるものではなく、ガラス等の光透過性物質にも適用できる。

【0044】

本発明に係るPCF11は、上記説明で述べたメカニカルスプライス等のV溝接続器20やFCコネクタ用フェルール30に限定されるものではなく、キャピラリー型接続器やその他市販のコネクタ類にも適用できる。

【0045】

また、本実施の形態で用いたコアとクラッドの屈折率が同じPCF11だけでなく、コアとクラッドの屈折率が異なるPCFや、図4にその断面構造を示す、ホーリー光ファイバ34でも適用できる。ホーリー光ファイバ34とは、コア35の周囲に複数の空孔36を有する光ファイバで、曲げや捻りへの耐性が強く、曲げによる伝送損失の増加が抑えられるため、径の小さいカールを形成する光ファイバカールコードに用いられるような光ファイバである。

【0046】

【発明の効果】

以上要するに本発明によれば、以下に示すごとく優れた効果を発揮するもので

ある。

【0047】

(1) コア、クラッドの屈折率が等しくモードフィールド径が通常のシングルモードファイバよりはるかに小さいフォトニック結晶ファイバでも、低損失で通常のシングルモードファイバとの突き合わせ接続が可能になる。

【0048】

(2) 光ファイバの強度劣化や伝送損失の増加を防止できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の好適実施の形態を示す構造図である。

【図2】

図2 (a) は、V溝接続器の斜視図であり、図2 (b) は、図1の光ファイバとシングルモードファイバとの接続の一工程を示す斜視図であり、図2 (c) は、図1の光ファイバとシングルモードファイバをV溝接続器で接合した斜視図である。

【図3】

図1の光ファイバを装着したFCコネクタ用フェルールの断面図である。

【図4】

他の実施の形態として用いるホーリー光ファイバの断面図である。

【図5】

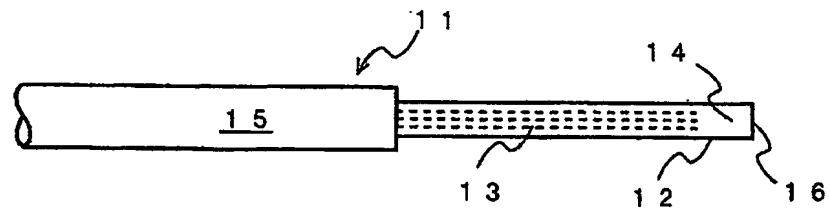
本発明に係るフォトニック結晶光ファイバの断面図である。

【符号の説明】

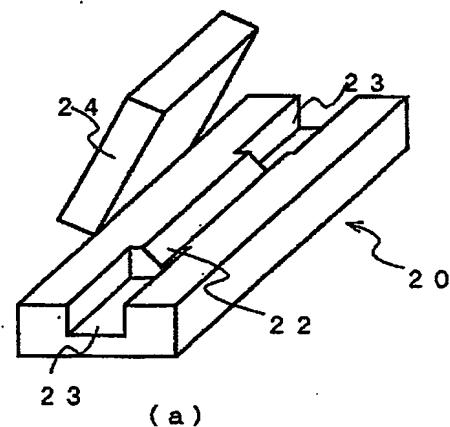
- 1 1 フォトニック結晶光ファイバ
- 1 2 接続端近傍
- 1 3 空孔
- 1 4 UV硬化型樹脂

【書類名】 図面

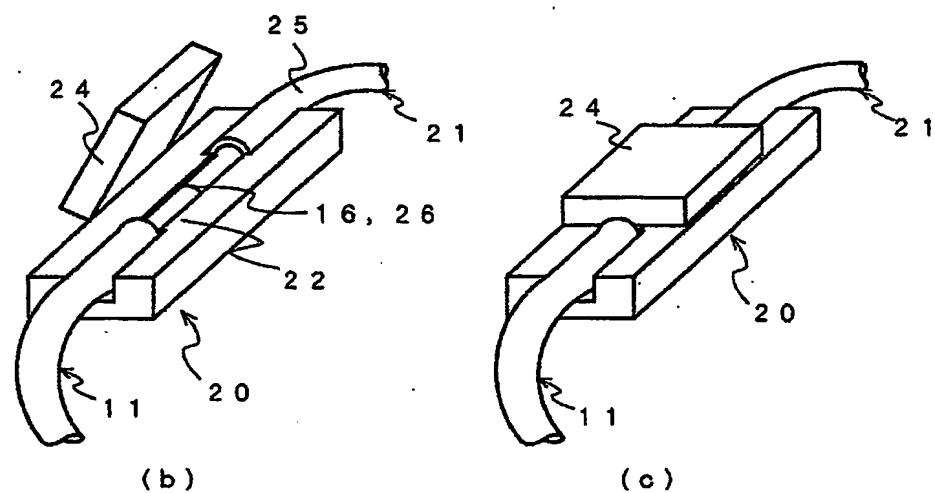
【図1】



【図2】



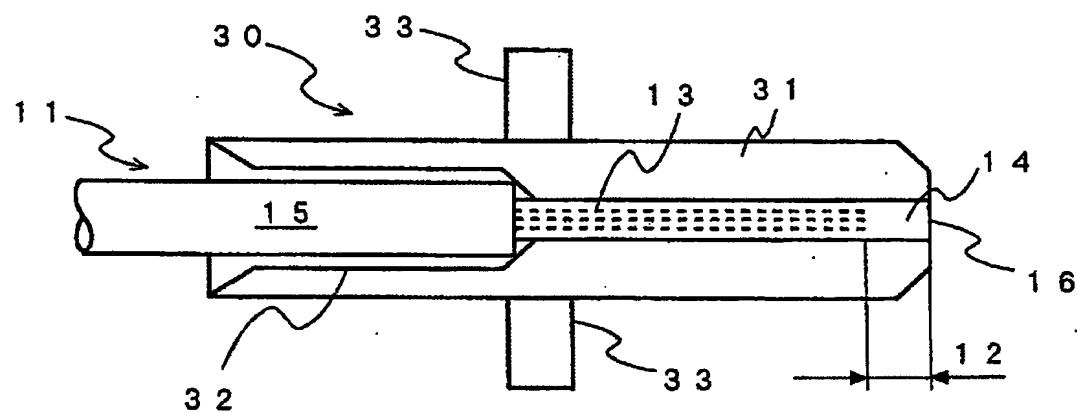
(a)



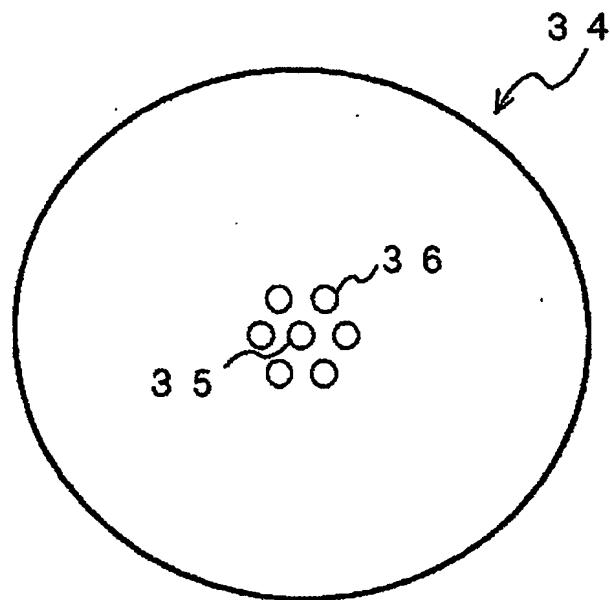
(b)

(c)

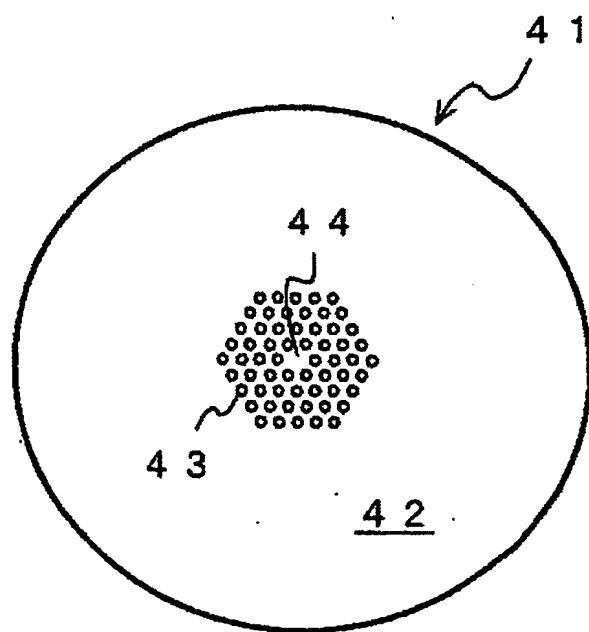
【図3】



【図4】



【図5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 コアとクラッドの屈折率が同じフォトニック結晶光ファイバと通常のシングルモード光ファイバの接続方法及び光コネクタを提供する。

【解決手段】 コアの周囲に複数の空孔を有するフォトニック結晶光ファイバ11の接続端部において、接続端部近傍12の空孔13に石英系材料より屈折率が低い樹脂14またはガラス等の光透過性物質で充填したものである。

【選択図】 図1

特願 2003-189724

出願人履歴情報

識別番号 [000005120]

1. 変更年月日 1999年11月26日

[変更理由] 住所変更

住所 東京都千代田区大手町一丁目6番1号
氏名 日立電線株式会社

特願 2003-189724

出願人履歴情報

識別番号 [000004226]

1. 変更年月日 1999年 7月15日

[変更理由] 住所変更

住所 東京都千代田区大手町二丁目3番1号
氏名 日本電信電話株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

BLACK BORDERS

IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

FADED TEXT OR DRAWING

BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

SKEWED/SLANTED IMAGES

COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

GRAY SCALE DOCUMENTS

LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.